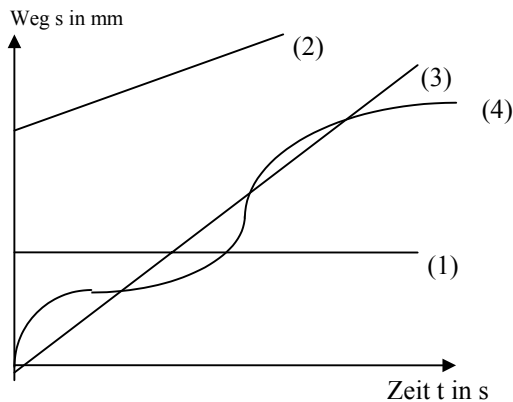




Fragen in der Physikprüfung von Professor Kern

Mechanik:

Weg/Zeitdiagramm



- (1): Körper im Zustand der Ruhe
 (2)/(3): Körper im Zustand der gleichförmig geradlinigen Bewegung
 (4): Körper im Zustand der ungleichförmigen Bewegung

Die Bewegung heißt gleichförmig, wenn in gleichen Zeitabschnitten gleiche Wege zurückgelegt werden; sind die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege verschieden, so handelt es sich um ungleichförmige Bewegungen. Wir stellen die Orts-Zeit-Abhängigkeit in einem Weg-Zeit-Diagramm dar und erhalten die Bahnkurve $s = f(t)$. Die Definition für die Geschwindigkeit ist $v = s/t$. Der Proportionalitätsfaktor ist die Geschwindigkeit v , die dann als Quotient aus der zurückgelegten Wegstrecke Δs und dem dazu benötigten Zeitintervall Δt definiert wird.

Kreisbewegungen

Im Prinzip gelten auch bei kreisförmigen Bewegungen die bei geradlinigen Bewegungen gültigen Gesetze, lediglich verkompliziert dadurch, daß bei kreisförmigen Bewegungen eine ständige Richtungsänderung vorliegt und daß wegen der kreisförmigen Geometrie eine spezielle Nomenklatur verwendet wird. Ein Kreis mit dem Radius r hat den Umfang $U = 2\pi r$. Bei kreisförmigen Bewegungen wird häufig nicht der gesamte Umfang zurückgelegt, sondern nur ein Teil, die sog. Bogenlänge s : Die Bogenlänge s ergibt sich als Produkt aus dem Drehwinkel φ und dem Radius r :

$$\text{Bogenlänge } s = \text{Bogenmaß } \varphi \times \text{Radius } r$$

$$\text{Bogenmaß } \varphi = s/r$$

In der Physik wird der Drehwinkel üblicherweise nicht in Winkelgrad gemessen, sondern im Bogenmaß φ . Das Bogenmaß φ ist als Quotient aus Bogenlänge und Radius eine dimensionslose Zahl.

Unter dem Einheitskreis versteht man einen Kreis mit dem Radius $r = 1$. Ein voller Kreisumfang hat im Einheitskreis den Wert $U = 2\pi r = 2\pi$.

$$\text{Die Bahngeschwindigkeit } v = \text{Bogenlänge } \Delta s / \text{Zeit } \Delta t = r \Delta \varphi / \Delta t$$

$$\text{Die Winkelgeschwindigkeit } \omega = \text{Bogenmaß } \Delta \varphi / \text{Zeit } \Delta t = \Delta \varphi / \Delta t$$

$$\text{Bahngeschwindigkeit } v = \text{Winkelgeschwindigkeit } \omega \times \text{Radius } r$$

Archimedisches Prinzip



Das Archimedische Prinzip: Der Auftrieb eines Körpers ist so groß wie das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit.

Der Auftrieb kommt durch die Differenz des Schweredruckes zwischen der Ober- und Unterseite des schwimmenden Körpers zustande. Die Unterseite taucht tiefer in die Flüssigkeit ein, so daß dort ein höherer Schweredruck herrscht als an der Oberseite.

Ist das durchschnittliche spezifische Gewicht eines Körpers genauso groß wie das der Flüssigkeit, so erhält der Körper genau soviel Auftrieb, wie sein Gewicht beträgt. Er schwebt. Hat der Körper ein höheres spezifisches Gewicht als die Flüssigkeit, so sinkt er. Hat er ein niedrigeres spezifisches Gewicht, so schwimmt er.

Mit der Mohr- oder Westphalschen Waage läßt sich das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit genauer bestimmen als bspw. Dem Aräometer (Senkspindel. Schwimmkörper, der nach dem AP um so tiefer in eine Flüssigkeit eintaucht, je geringer das spezifische Gewicht der Flüssigkeit ist.

Der Senkkörper ist völlig in die Flüssigkeit eingetaucht. Man kompensiert den Auftrieb, den der Senkkörper erhält, indem man an den rechten Waagebalken Gewichte hängt, bis die Waage wieder im Gleichgewicht ist. Auf diese Weise läßt sich der Auftrieb und damit das spezifische Gewicht der Flüssigkeit sehr genau bestimmen.

Wärmelehre

Was ist isobar, isotherm, isochor ?

Der Kubische Ausdehnungskoeffizient ist für allen idealen Gase gleich groß und beträgt ungefähr $0,00366 \text{ K}^{-1}$. In einem p,V-Diagramm erhalten wir für das Gay-Lussac-Gesetz bei verschiedenen p-Werten Parallelen zur Abszissenachse. Diese Geraden sind Linien konstanten Druckes, die Isobaren.

$$V_T = V_0 \cdot T/T_0$$

Für eine bestimmte Temperatur T wird der Druck in Abhängigkeit vom Volumen des Gases graphisch durch eine gleichseitige Hyperbel (Koordinatenachsen als Asymptoten) dargestellt. Diese Kurven konstanter Temperatur im p, V- Diagramm sind Isothermen.

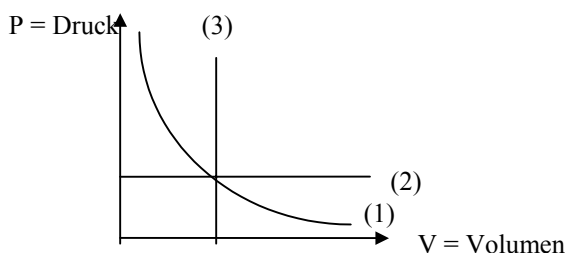
Die graphische Darstellung einer Gleichung in einem p,V-Diagramm ergibt für verschiedene Volumina V Parallelen zur Ordinatenachse, die Linien konstanten Volumens, die Isochoren

$$p_T = p_0 \cdot T/T_0$$

Diagramme, entspricht dies einem idealen Gas?

Alle Vorgänge lassen sich nach der allgemeinen Zustandsgleichung für ideale Gase berechnen.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$



- (1) Isotherme: $p \cdot V = \text{const.}$ Bei $T = \text{const.}$, (gleichseitige Hyperbel)
- (2) Isobare: $V = V(T)$ bei $p = \text{const.}$ (Parallele zur Abszissenachse)
- (3) Isochore: $P = p(T)$ bei $v = \text{const.}$ (Parallele zur Ordinatenachse)

Gesetz von Boyle-Mariotte

Wie schon in der Mechanik bei den ruhenden Gasen angeführt, sind Druck und Volumen vieler Gase bei konstanter Temperatur durch Gleichung verknüpft, wonach für verschiedene Druck p_i und Volumina V_i ($i=0, 1, 2, \dots$) gilt

$$p_0 \cdot V_0 = p_1 \cdot V_1 = \dots = \text{const.} \quad \text{Bei } T = \text{const.}$$

Ideale Gase befolgen streng das Boyle-Mariottesche Gesetz



Sieden, Kondensieren, Dampfdruck

Findet bei einer Flüssigkeit infolge starker Wärmezufuhr nicht nur an der Oberfläche Verdampfung statt, sondern auch im Innern der Flüssigkeit, d.h. bilden sich dort Dampfblasen, die dann an die Oberfläche steigen, so bezeichnet man diese aus dem ganzen Innern heraus erfolgende Verdampfung als Sieden.

Wegen des Zusammenhangs zwischen Sättigungsdruck und Temperatur (Clausius-Clapeyronsche Gleichung) ist die Siedetemperatur druckabhängig.

$$Dp/dT = n \cdot q_m / T \cdot (V_D - V_{Fl})$$

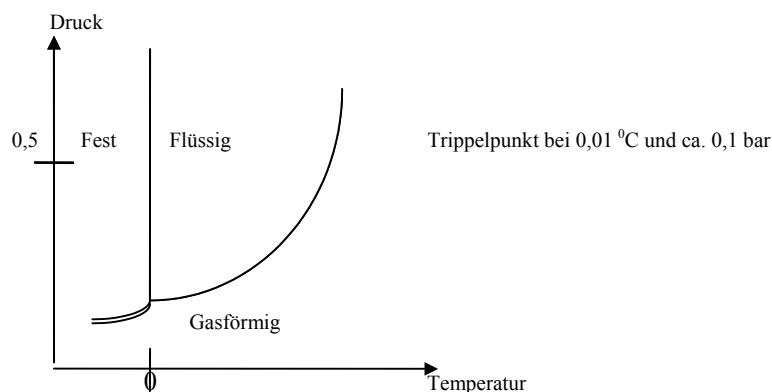
q_m : molare Umwandlungswärme; T : Umwandlungstemperatur; V_D , V_{Fl} : Dampf- bzw. Flüssigkeitsvolumen; n : Stoffmenge.

Kondensieren nennt man den Übergang zwischen flüssig und Gasförmig. Die dazu aufgewendete Energie nennt man Verdampfungs- bzw. Kondensationswärme.

Die Phasenübergangswärme berechnet sich durch $Q = m \cdot q$ (m : Masse d. Körpers, Q : spez. Umwandlungswärme)

An einer Flüssigkeitsoberfläche herrscht ein ständiges Kommen und Gehen, einige Moleküle kondensieren, andere verdampfen. Die Zahl der verdampfenden Moleküle hängt von der Temperatur ab, die Zahl der kondensierenden Moleküle von der Konzentration der verdampften Moleküle, dem sogenannten Dampfdruck. Bei einem bestimmten Dampfdruck der verdampften Flüssigkeit stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht zwischen der Verdampfung neuer Moleküle und der Kondensation bereits verdampfter Moleküle ein. Dieser Druck heißt Sättigungsdruck

Was passiert, wenn man einem Eisblock Energie zuführt?, Temp.-Diagramm dazu



Bei einem Eisblock befinden sich die Moleküle auf ihren bestimmten Gitterplätzen. Sie werden durch zwischenmolekulare Kräfte dort behalten, und können nur in Schwingung versetzt werden. Bei Energiezufuhr erhöht sich die Temperatur und die Eigenbewegung der Moleküle. Ist eine bestimmte Temperatur (hier 0 Grad) erreicht, reicht diese Energie aus, um die zwischenmolekularen Kräfte zu zerstören. Der Eisblock beginnt zu schmelzen.

Wie kann man Temperatur messen?

Temperaturmessung = Ausnutzung der Eigenschaft der Materie, die sich in Abhängigkeit der Temperatur ändern. Hierzu gehören Lage, Volumen, elektr. Widerstand, Viskosität. Diese Größen nehmen bei Temperaturveränderung ab oder steigen an.

Flüssigkeitsthermometer: Flüssigkeitsthermometer nutzen die Ausdehnung von Flüssigkeiten, z.B. Alkohol oder Quecksilber. Im Idealfall dehnt sich diese Flüssigkeit proportional mit zunehmender Temperatur aus. Der Meßbereich eines Flüssigkeitsthermometers ist durch den Siede- und Gefrierpunkt der Flüssigkeit begrenzt.

Besonderheit des Fieberthermometers: Am Beginn der Skala ist die Kapillare verengt, daß der Quecksilberfaden bei fallender Temperatur abreißt, die Temperaturmarke verschiebt sich nicht mehr.



Thermoelement: An der Übergangsstelle zwischen zwei verschiedenen Metallen entsteht eine elektrische Spannungsdifferenz deren Höhe von der Temperatur abhängig ist. Durch Messung dieser Spannungsdifferenz kann man die Temperatur genau bestimmen. Die Meßfühler sind klein und haben eine geringe Wärmekapazität. Aufgrund dieser Vorzüge werden sie in der Medizin und Technik angewendet.

Weitere Methoden:

Bestimmung des elektr. Widerstands in Metall- oder Halbleiterfühlern.

Verbiegung eines Bimetallstreifens, dabei sind zwei Metallstreifen aufeinandergeklebt, die einen stark unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizient haben.

E-Lehre

Was ist Wechselstrom? Gleichstrom ? Drehstrom?

Der Wechselstrom ist die technisch bedeutsamste Form der elektrischen Energie. Hierfür sind zwei Gründe maßgeblich. Zunächst die Konstruktion der Generatoren. Bei der Erzeugung elektr. Energie nach dem Prinzip der Induktion wird eine Spule von einer Kraftflussänderung $d\Phi / dt$ durchflutet. Wenn die Spule Gleichstrom liefern soll, muß das Vorzeichen dieser Kraftflussänderung $d\Phi / dt$ stets gleich bleiben, d.h. der Kraftfluß Φ muß ständig wachsen oder abnehmen. Dies kann natürlich nur für kurze Zeit gelten, bis der Kraftfluß seinen Maximalwert erreicht hat. Danach muß die Kraftflußänderung $d\Phi / dt$ ihr Vorzeichen ändern, wodurch sich das Vorzeichen der induzierten Spannung ändert. Ein nach dem Prinzip der Induktion erzeugter Strom heißt Wechselstrom. Man könnte den vom Generator erzeugten Wechselstrom ohne Probleme in Gleichstrom umwandeln, doch dies geschieht nicht, weil die Spannung des Wechselstroms durch Transformatoren problemlos transformiert werden kann.

Wechselstromgenerator: Elektromagnet rotiert zwischen drei winkelperschobenen Spulen.

Öffentliches Wechselstromnetz: drei Phasen und ein Null-Leiter, mit der Möglichkeit zwischen Nullleiter und einer Phase 220 Volt Wechselstrom oder zwischen zwei Phasen 380 Volt Drehstrom abzugreifen.

Gleichstrom: zeitlich dem Betrage und in der Richtung nach konstanter elektrischer Strom (im Gegensatz zum Wechselstrom); oft auch Bezeichnung für einen Strom mit gleichbleibender Richtung, aber veränderter Stärke. Um den Gleichstrom von Wechselstrom zu unterscheiden, benutzt man für den Gleichstrom das Symbol I.

Induktivität?

Wie stark die Selbstinduktion den Stromfluß einer Spule beeinflusst, hängt von ihrer Windungszahl n , ihrem Querschnitt a , ihrer Länge l und der Permeabilität μ im Inneren der Spule ab. Der Einfluß dieser Faktoren läßt sich in einer einzigen Größe zusammenfassen, in der Induktivität L .

$$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot A/l$$

Induktion (elektromagnetische Induktion) ist die Erzeugung von elektrischen Spannungen durch veränderliche Magnetfelder. Ändert man das Magnetfeld, das durch eine Leiterschleife hindurchgreift, so kann man an den Enden der Leiterschleife einen Spannungsstoß, bei kurzgeschlossener Leiterschleife einen Stromstoß messen. Dieser Vorgang nennt man Induktion. Die Änderung des Magnetfeldes kann folgendermaßen herbeigeführt werden: a) durch Annähern oder Entfernen eines Stabmagneten; b) durch Annähern oder Entfernen einer stromdurchflossenen Spule etc.

Bei der elektromagnetischen Induktion handelt es sich um zwei ineinander verschlungene Ringe: die magnetischen Feldlinien und der elektrische Stromkreis ist als Spule konstruiert.

Dipol in einem E-Feld



Zwei ungleichnamige Ladungen $+Q$ und $-Q$ (Beträge der Ladung gleich groß), die sich im Abstand l voneinander befinden, nennt man einen elektrischen Dipol. Bezeichnet man mit l den Radiusvektor, der von $-Q$ nach $+Q$ führt, dann ist das elektrische Dipolmoment p gegeben durch:
$$p = Q \cdot l$$

Das elektrische Feld eines elektrischen Dipols ist das zweier ungleichnamiger Ladung. Ein solcher Dipol erfährt in einem elektrischen Feld eine Kraft, wobei diese Kraft von der Art des elektrischen Feldes und der relativen Lage des Dipols im Feld abhängt.

Kondensator

Zwei Leiter, die sowohl gegen ihre Umgebung als auch gegeneinander isoliert sind, nennt man einen Kondensator. Die beiden Leiter bezeichnet man als Kondensatorplatten. Im einfachen Kondensator tragen die beiden Platten gleich große, aber ungleichnamige Ladungen, wodurch zwischen den Platten ein Feld aufgebaut wird, dessen Kraftlinien von der positiven zur

Halbleiter

Aus Halbleitern werden die Mikrochips gefertigt, die sich als Herzstück von Computern und Robotern einen zentralen Platz in der modernen Arbeitswelt erobert haben. Die technisch wichtigsten Halbleiter sind Germanium, Silizium und Selen. Sie heißen Halbleiter, weil sie eine Zwischenstellung zwischen Isolatoren und Leitern einnehmen. Chemisch reine Halbleiter leiten den Strom nur bei hohen Temperaturen. Die in der Technik verwendeten Halbleiter leiten den Strom nur bei hohen Temperaturen. Die in der Technik verwendeten Halbleiter sind nicht chemisch rein, sondern mit geringen Anteilen von Fremdatomen versetzt. Der Fachausdruck für die Beimischung von Fremdatomen heißt Dotierung. Nur die Dotierung erhalten die Halbleiter ihre spezifische Eigenschaften. Man unterscheidet zwischen p-Leitung und n-Leitung:

Die n-Leitung ist eine von negativen Ladungsträgern, also Elektronen, getragene Leitfähigkeit. Sie entsteht z.B. indem man ein Siliziumkristall mit Antimon dotiert. Hierbei gibt das Antimon ein Elektron ab, die Antimon-Donatoren verbleiben auf ihren Gitterplätzen.

Die p-Leitung wird von positiven Ladungsträgern, sog. Defektelektronen (auch Löcher genannt) getragen. Eine p-Leitung läßt sich z.B. erzeugen, indem man ein Siliziumkristall mit Galliumatomen dotiert.

Die größte technische Bedeutung haben Halbleiter als Material zum Bau von Dioden und Transistoren kleinen Schaltelementen, die einer Strom- und Spannungsverstärkung dienen. Es gibt verschiedene Typen von Transistoren, pnp-, npn- und Feldeffekt-Transistoren, die aber alle auf einem ähnlichen Prinzip beruhen wie die Diode.

Eine weitere Anwendung der Halbleitertechnik sind Detektoren zum Nachweis von β - und γ -Strahlen. Im Prinzip handelt es sich um Dioden, die in Sperrichtung gepolt sind und nur dann Strom fließen lassen, wenn radioaktive Strahlung in der Übergangszone zwischen p- und n-Leitung Ladungsträger erzeugt. Hierbei ist die erzeugte Ladungsmenge der Energie der absorbierten Strahlen streng proportional.

Wie kann man freie Elektronen produzieren ?

Man legt eine hohe Spannung an eine Glühkathode. Aus der Kathode treten freie Elektronen aus.

Atomphysik



Was für Strahlen entstehen bei radioaktivem Zerfall ?

E. Rutherford betrieb intensive Untersuchungen zur Aufklärung der Natur der ausgesandten radioaktiven Strahlungen. Die bei Kernumwandlungen durch Zerfall natürlich radioaktiven Stoffe wie auch künstlich erzeugter Nuklide auftretenden Strahlungsarten sind:

a- Strahlung: Sie ist eine energiereiche Teilchenstrahlung, die aus Heliumkernen besteht, die infolge ihrer zweifach positiven Elementarladung in äußeren elektrischen oder magnetischen Feldern eine (geringe) Ablenkung erfahren.

β -Strahlung : Hier emittiert der Kern entweder ein hochenergetisches (negativ geladenes) Elektron (β^- -Teilchen) oder ein Positron (β^+ -Teilchen); das Positron ist positiv geladen und besitzt dieselben Eigenschaften wie das Elektron, es ist das „Antiteilchen zum Elektron. Diese Teilchen erfahren in äußeren elektrischen oder magnetischen Feldern eine stärkere Ablenkung als a-Teilchen.

Anmerkung: Die Gültigkeit der Erhaltungssätze der Energie, des Impulses und des Drehimpulses sowie die Energieverteilung der emittierten Elektronen oder Positronen erfordern, daß beim β -Zerfall noch ein weiteres (neutrales) Teilchen, das Neutrino (ν), emittiert wird.

γ - Strahlung: Diese Strahlung wird durch äußere Felder nicht abgelenkt. Es handelt sich um hochenergetische elektromagnetische Wellen.

e- - Einfang: (K-Einfang): Hier fängt der Atomkern ein Elektron seiner eigenen Atomhülle ein, meist aus der k-Schale (daher auch der Name K - Einfang), wobei auch hier wieder, wie beim β -Zerfall, ein Neutrino emittiert wird.

Das bei diesem Umwandlungsprozeß entstehende Tochteratom emittiert unter Auffüllung der Lücke in der Elektronenschale ein charakteristisches Röntgenquant oder die entsprechenden sogenannten Auger-Elektronen.

Wie entsteht Röntgenstrahlung

Die Röntgenröhre ist ein Gerät zur Erzeugung von Röntgenstrahlung. Elektronen treten aus der geheizten Glühkathode und werden durch das elektrische Feld in Richtung auf die positiv geladene Anode beschleunigt. Die Spannung zwischen Glühkathode und Anode beträgt ca. 100 000 Volt. Deshalb treffen die Elektronen mit hoher Geschwindigkeit und hoher kinetischer Energie auf die Anode. Dort werden sie abrupt abgebremst und müssen ihre kinetische Energie abgeben. Dies geschieht durch Aussendung von Röntgenstrahlen, elektromagnetische Wellen, die noch kurzwelliger sind als Ultraviolettes Licht.

Die meisten Elektronen verwandeln ihre Energie beim Aufprall in Wärme. Einige wenige rufen sofort beim Aufprall die Aussendung eines Röntgenquants hervor, andere bewirken eine Aussendung eines Röntgenquants erst, nachdem sie einen Teil ihrer Energie bereits als Wärmeenergie abgegeben haben. Die von den abgebremsten Elektronen ausgesendeten Strahlen sind energieärmer und haben eine größere Wellenlänge als die die sofort beim Aufprall der Elektronen ihre Strahlen ausgesendet haben. Die Röntgenröhre sendet deshalb Strahlen verschiedener Wellenlänge aus. Die Verteilung, das sog. Röntgenbremsspektrum weist keine Lücken auf. Es handelt sich um ein kontinuierliches Spektrum mit kurzwelliger Grenze.

Wie kann man radioaktive Strahlung messen?

Zählrohr und Szintillationszähler

Geiger - Müller - Zählrohr: Ein in das Rohr eintretendes a- oder β - Teilchen bzw. ein γ - Quant ionisiert einige Gasmoleküle, die im elektrischen Feld des Rohres so stark beschleunigt werden, daß sie beim Zusammenstoß mit anderen Molekülen diese ebenfalls ionisieren. Durch diese Stoßionisation genannten Vorgang bildet sich eine Lawine von Ladungsträgern und die am Zählrohr anliegende Spannung sinkt ab, so daß der Stromfluß und die am Zählrohr anliegende Spannung sinkt ab, so daß der Stromfluß zum Erliegen kommt.

Der Szintillationszähler ist ein empfindliches Nachweisgerät für γ - Strahlung. Er beruht auf der Fluoreszenzwirkung, die γ -Quanten in einem Natriumjodkristall entfalten. Die in den NaJ - Kristall einfallenden γ -Quanten erzeugen Lichtblitze, deren Stärke der Energie der γ -Quanten proportional ist.

Wie kann man Röntgenstrahlung messen?

Die charakteristische Röntgenstrahlung ist ein Linienspektrum, dessen Zusammensetzung sich nach dem Anodenmaterial richtet Röntgenstrahlung sind für das menschliche Auge unsichtbar. Sie sind



jedoch in der Lage, einen fotografischen Film zu schwärzen. Hierauf beruht das Anfertigen von Röntgenaufnahmen.

Erklären sie das Prinzip der Schwächung

Die Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie führt zu einer Reduktion der Photonen aus dem Primärstrahl, wobei ein Teil der Energie an die durchstrahlte Materie abgegeben wird. Dabei spielen folgende vier Mechanismen eine Rolle. Klassische Streuung. Bei der Streuung geben die Gammaquanten keine Energie ab. Die Strahlung ändert lediglich ihre Richtung. Röntgenstrahlung wird erheblich stärker gestreut, als sichtbares Licht, weil die Intensität des gestreuten Anteils proportional mit der vierten Potenz der Frequenz steigt. Streustrahlung ist schwer kontrollierbar und stellt eine erhebliche Gefahrenquelle dar.

Photoeffekt: Das Photon schlägt aus einem Atom ein Hüllenelektron heraus und gibt dabei seine gesamte Energie an das Elektron ab.

Compton Effekt: Das Photon gibt nur ein Teil seiner Energie an das Elektron ab. Es bleibt ein Photon größerer Wellenlänge, geringerer Energie und anderer Richtung übrig.

Paarbildung: Das Photon wandelt sich beim Auftreffen auf Materie in ein Elektron-Positronpaar um. Es entsteht hierbei Masse aus Energie. Der Anteil dieser drei Prozesse an der Schwächung von Röntgenstrahlung hängt von der Photonenenergie und der Ordnungszahl des Absorbers ab. Die hohe Quantenenergie, die für das Entstehen eines Elektron-Positronpaares notwendig ist, wird von Röntgenquanten des diagnostischen Bereichs nicht erreicht. In der Röntgendiagnostik ist Blei wegen seiner hohen Absorptionseigenschaften zur Abschirmung gut geeignet.

Schwächungsgesetz: $I/I_0 = e^{-\mu \cdot d}$ wobei dann I_0 Intensität vor, I Intensität hinter der Bestrahlten Schicht, μ Schwächungskoeffizient und d Schichtdicke sind.

Optik

Erklären Sie das Snellius'sche Brechungsgesetz

Fällt ein Lichtbündel auf die Grenzfläche zweier verschieden optisch dichter Medien, so wird ein Teil der Gesamtintensität des einfallenden Strahles auch in das angrenzende Medium hineingebrochen.

Snelliussche Brechungsgesetz: $\sin a_1 / \sin a_2 = n_2 / n_1$. Wobei a_1 = Einfallswinkel, a_2 =

Brechungswinkel, n_1 = Brechungsindex Medium 1, n_2 = Brechungsindex Medium 2.

Beim Übergang von optisch dünneren zu optisch dichteren Medien wird das Licht zum Einfallslot hin gebrochen. Beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium wird das Licht vom Einfallslot weggebrochen.

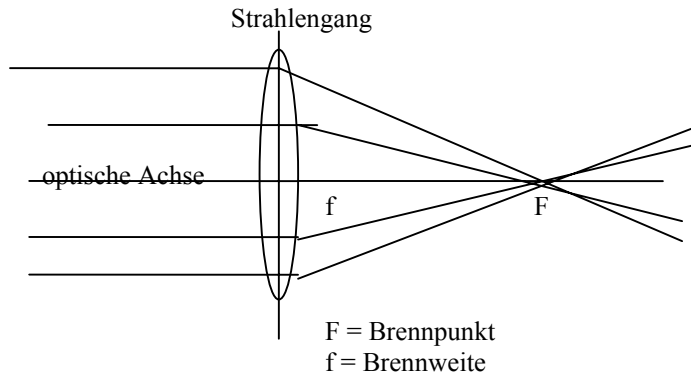
In verschieden Medien breitet sich Licht mit verschiedener Geschwindigkeit aus. Es gilt: $n_1 / n_2 = v_2 / v_1$.

Für sichtbares Licht ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Glas niedriger als in Luft oder Vakuum. Je kleiner die Ausbreitungsgeschwindigkeit in einem Medium ist, als desto optisch dichter wird dieses Medium bezeichnet.

Wie ist der Strahlengang bei der Konvexlinse: alle Möglichkeiten von g



Nach Form und Funktion der Linsen wird die konkav gebogene Zerstreuungslinse von der konvex geformten Sammellinse unterschieden. Die folgende Abbildungen geben den Strahlengang für ein paralleles Lichtbündel wieder. Im schematischen Strahlengang ist die Linse durch ein sog. Hauptebene ersetzt. In ihr liegen die Schnittpunkte von ein- und ausfallenden Strahlen. Die optische Achse verläuft symmetrisch durch die Linse und steht senkrecht auf der Hauptebene.



Wie lautet die Abbildungsgleichung ?

$$1/f = 1/g + 1/b$$

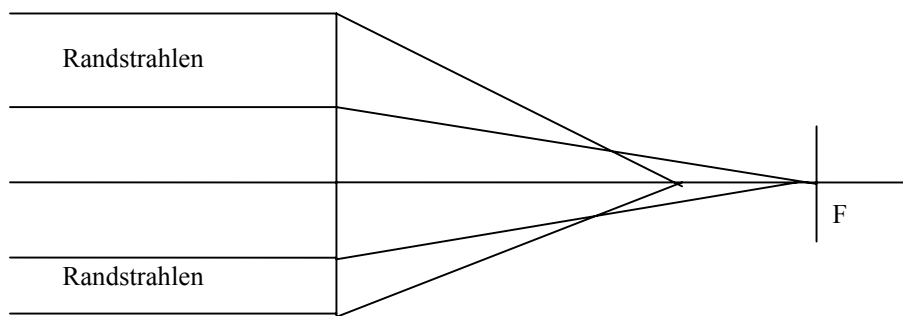
b = Bildweite, g = Gegenstandsweite, f = Brennweite,

Die Abbildungsgleichung gibt den Zusammenhang wieder, der zwischen der Brennweite f, der Gegenstandsweite g und der Bildebene b besteht. Die Gegenstandsweite g entspricht der Entfernung des Gegenstandes von der Hauptebene. Der Abstand der Hauptebene vom Bild heißt Bildweite b und bekommt ein negatives Vorzeichen, wenn es sich um ein virtuelles Bild handelt.

Linsenfehler: alle Aufzeichnungen, Astigmatismus, Verzeichnung, Bildfeldwölbung

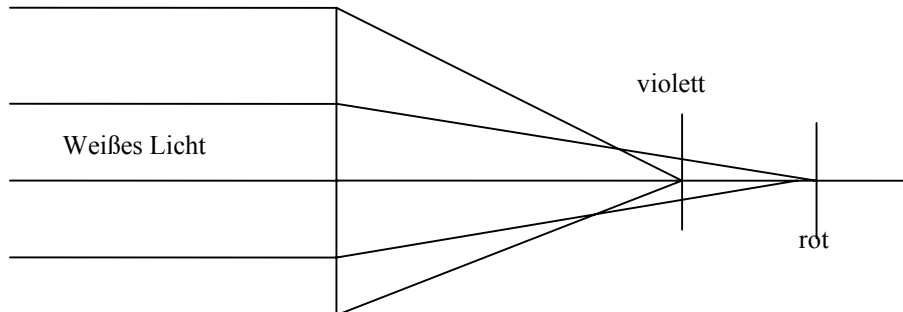
Auch bei sorgfältiger Herstellung weist der Strahlengang einer Linse Abweichungen vom idealen Strahlengang auf. Man spricht von Linsenfehlern oder Aberrationen. Die wichtigsten sind:

sphärische Aberration: Die Strahlen werden am Rand stärker gebrochen als sie es eigentlich sollten;





chromatische Aberration: Aufgrund der unterschiedlichen Brechungsindizes für verschiedene Frequenzen werden die verschiedenen Farben verschieden stark gebrochen. Violett wird stärker gebrochen als rot.



Weitere Linsenfehler bestehen im Astigmatismus: Wenn die Hornhaut ungleichmäßig gekrümmt ist (z.B. horizontal stärker als vertikal), spricht man vom Astigmatismus, weil man in diesem Fall einen Punkt nicht als Punkt erkennt, sondern als Stab. Die Therapie besteht in einem ebenfalls ungleichmäßig gekrümmten Brillenglas, einer sog. Zylinderlinse.

Weitere Linsenfehler sind die Verzeichnung und die Bildfeldwölbung: Bei der Verzeichnung wird das Bild nicht auf einer zur optischen Achse senkrecht stehenden Ebene scharf abgebildet, sondern auf einer gekrümmten Fläche. Die Bildfeldwölbung tritt auch beim menschlichen Auge auf. Sie ist hier sogar erwünscht, weil die Netzhaut gekrümmt ist. Linsenfehler werden dadurch ausgeglichen, daß man verschiedene Linsen aus verschiedenen Glassorten so hintereinandersetzt, daß sich ihre Fehler gegenseitig aufheben.

Wie sieht das Auflösungsvermögen vom Lichtmikroskop aus ?

Das räumliche Auflösungsvermögen optischer Instrumente ist durch die Beugung des Lichtes also durch seine Wellennatur begrenzt. Eine Punktlichtquelle wird nicht als Punkt, sondern infolge der Beugung als Scheibchen abgebildet. Liegt ein ausgedehntes Objekt vor, so wird von jedem Objektpunkt ein solches Beugungsscheibchen entworfen. Befinden sich zwei Gegenstandspunkte im Abstand d , und ist d der kleinste Abstand der gerade noch aufgelöst werden kann, dann ist das Auflösungsvermögen $U = 1/d$.

Das Auflösungsvermögen eines Mikroskops ist nur durch das Auflösungsvermögen des Objektivs bestimmt. Struktureinheiten, die durch das Objektiv nicht aufgelöst werden, können auch durch eine noch so starke Vergrößerung des Zwischenbildes mit dem Okular nicht sichtbar gemacht werden. Selbst wenn die Linse des Objektivs keine Abbildungsfehler aufweist, ist ihr Auflösungsvermögen begrenzt, denn an der Linsenfassung werden die Lichtstrahlen gebeugt. Wegen der Beugung am Linsenrand wird ein leuchtender Punkt nicht als Punkt abgebildet, sondern als Beugungsscheibchen, das von konzentrischen Ringen umgeben ist. Das Auflösungsvermögen ergibt sich aus dem Mindestabstand d , den zwei Punkte aufweisen müssen, um trotz der Beugungsfiguren noch getrennt abgebildet werden können.

Nach der Abbeschen Abbildungstheorie errechnet sich das Auflösungsvermögen als Quotient aus der numerischen Apertur $n \sin a$ und der Wellenlänge λ :

$$1/d = n \sin a / \lambda$$

Hierbei ist n der Brechungsindex des Mediums zwischen Objekt und Objektiv und a ist der Öffnungswinkel des Mikroskops. A ist also um so größer, je größer der Durchmesser und je kleiner die Brennweite der Linse ist, denn der Abstand Linse - Objekt muß mindestens so groß sein wie die Brennweite, weil sonst ein virtuelles Bild entstünde.

Vergrößerung des Auflösungsvermögens, Grenze



Die Auflösungsgrenze des Mikroskops liegt bei 0,2 bis 0,3 μm , d.h. es können keine Strukturen aufgelöst werden, die wesentlich kleiner als die Wellenlänge des verwendeten Lichtes sind. Die Größe $n \cdot \sin \alpha$ wird als numerische Appretur bezeichnet. Eine Steigerung des Auflösungsvermögens läßt sich somit durch die Vergrößerung der numerischen Appretur, ebenso wie die Verwendung von Licht mit kleinerer Wellenlänge erzielen. Eine Vergrößerung der numerischen Appretur erreicht man durch die Verwendung eines sogenannten Immersionssystems. Bei diesem ist der Raum zwischen Deckglas und Frontlinse mit einer Flüssigkeit ausgefüllt, wodurch die beim Trockensystem auftretende Totalreflexion an der oberen Fläche des Deckglases vermieden wird. Dadurch wird beim Immersionssystem der Öffnungswinkel der Frontlinse und auch die Lichtstärke des Mikroskops vergrößert.

Elektronenmikroskop: kurze Erklärung, Auflösungsvermögen

Im Elektronenmikroskop verwendet man statt Licht schnelle Elektronen, die sich optisch wie Licht mit einer sehr kleinen Wellenlänge verhalten. Diese Elektronen werden mittels elektrischen und magnetischer Felder (sog. Elektronenlinsen) gebündelt und durchlaufen einen ähnlichen Strahlengang wie beim Lichtmikroskop.

Die Elektronen werden sichtbar gemacht, indem sie auf eine fotografische Platte oder einen Leuchtschirm treffen. Das erreichbare Auflösungsvermögen liegt in der Größenordnung der Atomdurchmesser, also um drei Zehnerpotenzen höher als beim Lichtmikroskop. Auflösungsgrenze ist ca. 0,3 nm.

Totalreflexion

Ein Lichtstrahl wird beim Austritt aus dem optisch dichten in das optisch dünne Medium vom Einfallslot weggebrochen.

Totalreflexion tritt ein, wenn der Einfallswinkel α so groß ist, daß der Ausfallswinkel nach dem Brechungsgesetz größer als 90° sein müßte. Der Strahl kann das optisch dichte Medium nicht verlassen und wird mit seiner gesamten Energie reflektiert. Man spricht von Totalreflexion, weil bei einer normalen Reflexion, etwa an einer Glasscheibe, nur ein Teil des Lichtes reflektiert wird, während das restliche Licht gebrochen wird. Bei der Totalreflexion gilt das Reflexionsgesetz: Einfallswinkel α = Ausfallswinkel β .

Wie groß der Einfallswinkel α mindestens sein muß, damit Totalreflexion eintritt, hängt nach dem Brechungsgesetz $\sin \alpha / \sin \beta = n_2/n_1$ von den Brechzahlen der Medien ab. Der Grenzwinkel α ist so definiert, daß $\beta = 90^\circ$, so daß $\sin \beta = 1$

Je größer die Unterschiede der Brechzahlen außen/innen, desto eher tritt Totalreflexion ein.